

08.7.2004

日本国特許庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日 2003年 9月30日
Date of Application:

出願番号 特願2003-341451
Application Number:
[ST. 10/C]: [JP2003-341451]

REC'D 02 SEP 2004
WIPO PCT

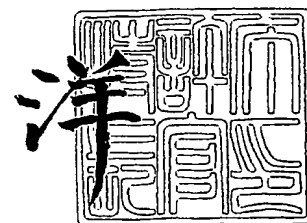
出願人 ニッタ株式会社
Applicant(s):

PRIORITY DOCUMENT
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH
RULE 17.1(a) OR (b)

2004年 8月20日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

小川



【書類名】 特許願
【整理番号】 30930026
【提出日】 平成15年 9月30日
【あて先】 特許庁長官 殿
【国際特許分類】 G01L 1/18
【発明者】
 【住所又は居所】 奈良県大和郡山市池沢町 1 7 2 番地 ニッタ株式会社奈良工場内
 【氏名】 森本 英夫
【特許出願人】
 【識別番号】 000111085
 【氏名又は名称】 ニッタ株式会社
【代理人】
 【識別番号】 100089196
 【弁理士】
 【氏名又は名称】 梶 良之
【選任した代理人】
 【識別番号】 100104226
 【弁理士】
 【氏名又は名称】 須原 誠
【手数料の表示】
 【予納台帳番号】 014731
 【納付金額】 21,000円
【提出物件の目録】
 【物件名】 特許請求の範囲 1
 【物件名】 明細書 1
 【物件名】 図面 1
 【物件名】 要約書 1
 【包括委任状番号】 9407223
 【包括委任状番号】 0000300

【書類名】 特許請求の範囲**【請求項 1】**

外部から加わった多軸の力、モーメント、加速度、角加速度のいずれか 1 つまたは複数を計測する多軸センサユニットにおいて、

一平面上に配置された 8 個の歪みゲージと、各歪みゲージを連結して成る 1 個のブリッジ回路とを備えていることを特徴とする多軸センサユニット。

【請求項 2】

外部から加わった多軸の力、モーメント、加速度、角加速度のいずれか 1 つまたは複数を計測する多軸センサユニットにおいて、

一平面上に配置された 8 個の歪みゲージと、各歪みゲージを連結して成る 2 個のブリッジ回路とを備えていることを特徴とする多軸センサユニット。

【請求項 3】

中央に設けられた受力部と外周に設けられた固定部とこれらを連結する円環形状のダイヤフラム部とを備えた起歪体を有すると共に、

前記歪みゲージの配置位置は、前記ダイヤフラムの中心線に直交する線上において前記ダイヤフラムの外縁部と内縁部との 4 箇所、および前記線に直交する線上において前記ダイヤフラムの外縁部と内縁部との 4 箇所であることを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の多軸センサユニット。

【請求項 4】

前記歪みゲージはピエゾ抵抗素子又はスパッタリングにより形成したひずみゲージであることを特徴とする請求項 1～3 のいずれかに記載の多軸センサユニット。

【請求項 5】

請求項 1～4 のいずれかに記載の前記多軸センサユニットを複数備えていることを特徴とする多軸センサ。

【請求項 6】

前記多軸センサユニットは前記多軸センサの中心点を中心に等角度おき、かつ前記中心点から等距離に配置されていることを特徴とする請求項 5 に記載の多軸センサ。

【請求項 7】

前記角度は 90 度であることを特徴とする請求項 6 に記載の多軸センサ。

【請求項 8】

前記多軸センサユニットは、前記中心点を原点とする X 軸および Y 軸上の正方向および負方向にそれぞれ配置されていることを特徴とする請求項 7 に記載の多軸センサ。

【請求項 9】

前記角度は 120 度であることを特徴とする請求項 6 に記載の多軸センサ。

【請求項 10】

前記歪みゲージの配置位置は、前記多軸センサの中心点と前記多軸センサユニットの中心点とを結ぶ線上において前記ダイヤフラムの外縁部と内縁部、および前記多軸センサユニットの中心点における前記線の直交線上において前記ダイヤフラムの外縁部と内縁部であることを特徴とする請求項 5～9 のいずれかに記載の多軸センサ。

【請求項 11】

前記歪みゲージを備える前記多軸センサユニットを有する第 1 部材と、前記多軸センサユニットに対向して前記歪みゲージを備えない前記起歪体を有する第 2 部材とを有すると共に、

対向する起歪体の前記受力部同士を連結して、前記第 1 部材と前記第 2 部材との間に作用する多軸の力およびモーメントを計測することを特徴とする請求項 5～10 のいずれかに記載の多軸センサ。

【請求項 12】

前記多軸センサユニットと、前記多軸センサユニットの前記受力部に設けられた作用体とを備えると共に、該多軸センサユニットに作用する多軸の加速度および角加速度を計測することを特徴とする請求項 5～10 に記載の多軸センサ。

【書類名】 明細書

【発明の名称】 多軸センサユニットおよびこれを利用した多軸センサ

【技術分野】

【0001】

本発明は、第1部材と第2部材とに外部から加わった多軸の力、モーメント、加速度、角速度のいずれかを計測することができる多軸センサユニットおよびこれを利用した多軸センサに関する。

【背景技術】

【0002】

この種の高軸センサとして、半導体の単結晶基板を利用して力やモーメントを検出する装置が知られている。特許文献1には、図21～図23に示すように、中央に設けられた受カ部100と周囲に設けられた固定部101とこれらを連結する円環形状のダイヤフラム部102とを備えた起歪体103と、この起歪体103に取り付けられたピエゾ素子などからなる検出素子R11～R34とを備えた多軸センサ105が開示されている。

【0003】

検出素子R11～R34は各起歪体103の上面に設けられている。各起歪体103の上面では、受カ部100を中心に互いに直交するX軸およびY軸と、これらの中間の斜め軸Sとが設定されている。検出素子R11～R34は各軸上のダイヤフラム部102の縁部分に配置されている。

【0004】

この多軸センサ105では、X、Y、Z軸の3軸方向の力やモーメントを測定するために、各検出素子R11～R34によりブリッジ回路を構成している。具体的には、X軸上の検出素子R11～R14により図23(A)に示すブリッジ回路106を構成して、これにより電圧 V_x を得る。また、Y軸上の検出素子R21～R24により図23(B)に示すブリッジ回路107を構成して、これにより電圧 V_y を得る。さらに、S軸上の検出素子R31～R34により図23(C)に示すブリッジ回路108を構成して、これにより電圧 V_z を得る。そして、これら3つのブリッジ回路106～108により得られた電圧 V_x 、 V_y 、 V_z の組み合わせによりX、Y、Z軸の3軸方向の力やモーメントを算出することができる。

【0005】

【特許文献1】 特開平4-194634号公報（第2図、第3図、第7図、第3頁左下欄第3行～右下欄第6行、第4頁右下欄第9行～第15行）

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

特許文献1に記載の技術では、3個のブリッジ回路106～108を使用しているので消費電力が大きくなってしまふ。また、3個のブリッジ回路106～108を構成するために配線が複雑になってしまふ。特に検出素子R11～R14をシリコン半導体基板に形成する場合は検出素子R11～R14となるピエゾ抵抗素子の端子信号を半導体基板の外部に一旦引き出して配線するなどの処理が必要になるので、ブリッジ回路106～108が3個もあると構成が複雑になってしまふ。よってコストが高くなってしまふ。

【0007】

そこで、本発明の目的は、消費電力を低減すると共に配線を簡素にしコストを低減できる多軸センサユニットおよびこれを利用した多軸センサを提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0008】

本発明の高軸センサユニットは、外部から加わった多軸の力、モーメント、加速度、角加速度のいずれか1つまたは複数を計測する多軸センサユニットにおいて、一平面上に配置された8個の歪みゲージと、各歪みゲージを連結して成る1個のブリッジ回路とを備えている。

【0009】

この構成によると、歪みゲージは僅か8個であると共にただ1つのブリッジ回路を構成しているので、従来のように12個の歪みゲージを4個ずつ分けて3つのブリッジ回路を駆動する場合に比べて消費電力を約1/6に低減することができる。すなわち、ブリッジ回路1個あたりの歪みゲージの数が2倍に増えたので合成抵抗は2倍になり、ブリッジ回路が3個から1個になったので電力は1/3になる。ここで電力 $W = V^2 / R$ であるので、 $(1/3) \times (1/2)$ により1/6になる。

【0010】

また、ブリッジ回路が1つだけなので配線を簡素化することができる。このため、配線を立体的に交差させることなくブリッジ回路を容易に構成できるようになる。さらに、歪みゲージの数量を減らすことができるので、部品点数の減少と貼り付け作業の工数の削減によりコストを下げることができる。

【0011】

本発明の多軸センサユニットは、外部から加わった多軸の力、モーメント、加速度、角加速度のいずれか1つまたは複数を計測する多軸センサユニットにおいて、一平面上に配置された8個の歪みゲージと、各歪みゲージを連結して成る2個のブリッジ回路とを備えている。

【0012】

この構成によると、歪みゲージは僅か8個であると共に2つのブリッジ回路を構成しているので、従来のように12個の歪みゲージを4個ずつ分けて3つのブリッジ回路を駆動する場合に比べて消費電力を約2/3に低減することができる。

【0013】

また、ブリッジ回路が2つだけなので配線を簡素化することができる。このため、配線を立体的に交差させることなくブリッジ回路を容易に構成できるようになる。さらに、歪みゲージの数量を減らすことができるので、部品点数の減少と貼り付け作業の工数の削減によりコストを下げることができる。

【0014】

本発明において、中央に設けられた受力部と外周に設けられた固定部とこれらを連結する円環形状のダイヤフラム部とを備えた起歪体を有すると共に、前記歪みゲージの配置位置は、前記ダイヤフラムの中心線に直交する線上において前記ダイヤフラムの外縁部と内縁部との4箇所、および前記線に直交する線上において前記ダイヤフラムの外縁部と内縁部との4箇所であることが好ましい。この構成によると、2つの直交する軸方向への力およびモーメント、さらにはこれらの軸に直交する軸方向への力を検出することができる。

【0015】

本発明において、前記歪みゲージはピエゾ抵抗素子であることが好ましい。この構成によると、ピエゾ抵抗素子は箔歪みゲージに比べてゲージ率が10倍以上大きいので、箔歪みゲージを利用する場合に比べて感度を10倍以上大きくすることができる。同様に本発明において、前記歪みゲージはスパッタリング法で形成したひずみゲージであることが好ましい。この製造方法によるひずみゲージは、一般的な箔歪みゲージに比べてゲージ率が10倍以上大きいので、一般的な箔歪みゲージを利用する場合に比べて感度を10倍以上大きくすることができる。

【0016】

本発明において、上述のいずれかに記載の前記多軸センサユニットを複数備えていることが好ましい。この構成によると、3軸の力およびモーメント、あるいは加速度および角加速度を高精度に検出できるようになる。

【0017】

本発明において、前記多軸センサユニットは前記多軸センサの中心点を中心に等角度おき、かつ前記中心点から等距離に配置されていることが好ましい。この構成によると、各多軸センサユニットの歪みゲージの抵抗値の変化から比較的簡易な計算により多軸の力、モーメント、加速度、角加速度を算出することができる。

【0018】

本発明において、前記角度は90度であることが好ましい。この構成によると、多軸センサの中心点を原点とする直交座標のX軸およびY軸での力、モーメント、加速度、角加速度を容易に算出することができる。

【0019】

本発明において、前記多軸センサユニットは、前記中心点を原点とするX軸およびY軸上の正方向および負方向にそれぞれ配置されていることが好ましい。この構成によると、X軸およびY軸での力、モーメント、加速度、角加速度を極めて容易に算出することができる。

【0020】

本発明において、前記角度は120度であることが好ましい。この構成によると、3個の多軸センサユニットで多軸の力、モーメント、加速度、角加速度を算出することができるので、多軸センサの構成を更に簡易化することができる。

【0021】

本発明において、前記歪みゲージの配置位置は、前記多軸センサの中心点と前記多軸センサユニットの中心点とを結ぶ線上において前記ダイヤフラムの外縁部と内縁部、および前記多軸センサユニットの中心点における前記線の直交線上において前記ダイヤフラムの外縁部と内縁部であることが好ましい。

【0022】

この構成によると、多軸センサユニットの中で最も歪みが大きい部位に歪みゲージを取り付けることができるので、感度を高めることができる。

【0023】

本発明において、前記歪みゲージを備える前記多軸センサユニットを有する第1部材と、前記多軸センサユニットに対向して前記歪みゲージを備えない前記起歪体を有する第2部材とを有すると共に、対向する起歪体の前記受力部同士を連結して、前記第1部材と前記第2部材との間に作用する多軸の力およびモーメントを計測することが好ましい。

【0024】

この構成によると、片方の部材のみに多軸センサユニットを設けるだけで多軸の力およびモーメントを計測することができる。

【0025】

本発明において、前記多軸センサユニットと、前記多軸センサユニットの中央部に設けられた作用体とを備えると共に、該多軸センサユニットに作用する多軸の加速度および角加速度を計測することが好ましい。この構成によると、片方の部材のみに多軸センサユニットを設けるだけで多軸の加速度および角加速度を計測することができる。

【発明の効果】**【0026】**

以上説明したように、本発明によると、歪みゲージは僅か8個であると共にただ1つのブリッジ回路を構成している場合には、従来のように12個の歪みゲージを4個ずつ分けて3つのブリッジ回路を駆動する場合に比べて消費電力を約1/6に低減することができる。また、歪みゲージは僅か8個であると共に2つのブリッジ回路を構成している場合には、従来のように12個の歪みゲージを4個ずつ分けて3つのブリッジ回路を駆動する場合に比べて消費電力を約2/3に低減することができる。よって、省電力化を図ることができる。

【0027】

また、ブリッジ回路が1つまたは2つだけなので配線を簡素化することができる。このため、配線を立体的に交差させることなくブリッジ回路を構成できるようになる。よって、ICプロセスやスパッタリング技術でブリッジを構成する場合に、配線を交差させる必要がなくなるので、工程が簡略化されてコストの低減を図ることができる。さらに、歪みゲージの数量を減らすことができるので、部品点数の減少と貼り付け作業の工数の削減によりコストを下げることができる。

【0028】

そして、2つの直交する軸方向への力およびモーメント、さらにはこれらの軸に直交する軸方向への力を検出することができる。また、ピエゾ抵抗素子あるいは、スパッタリングにより形成したひずみゲージの利用により、ピエゾ抵抗素子あるいは、スパッタリングにより形成したひずみゲージは、一般的な箔歪みゲージに比べてゲージ率が10倍以上大きいので、箔歪みゲージを利用する場合に比べて感度を10倍以上大きくすることができる。

【0029】

さらに、3軸の力およびモーメント、あるいは加速度および角加速度を高精度に検出できるようにする。また、各多軸センサユニットの歪みゲージの抵抗値の変化から比較的簡易な計算により多軸の力、モーメント、加速度、角加速度を算出することができる。多軸センサの中心点を原点とする直交座標のX軸およびY軸での力、モーメント、加速度、角加速度を容易に算出することができる。X軸およびY軸での力、モーメント、加速度、角加速度を極めて容易に算出することができるようになる。3個の多軸センサユニットで多軸の力、モーメント、加速度、角加速度を算出することができるので、多軸センサの構成を更に簡易化することができる。

【0030】

また、多軸センサユニットの中で最も歪みが大きい部位に歪みゲージを取り付けることができるので、感度を高めることができる。そして、片方の部材のみに多軸センサユニットを設けるだけで多軸の力およびモーメント、あるいは加速度および角加速度を計測することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0031】

以下、本発明の好適な実施の形態について、図面を参照しつつ説明する。

【0032】

図1(A)は、本発明の第1の実施の形態による多軸センサユニット10を歪みゲージの取り付け面側から見たときの平面図であり、図1(B)は多軸センサユニット10の中央縦断面正面図である。図1において、多軸センサユニット10は、外部から加わった多軸の力、モーメント、加速度、角加速度のいずれか1つまたは複数を計測するものである。この多軸センサユニット10は、一平面上に配置された8個の歪みゲージR11～R24と、各歪みゲージR11～R24を連結して成る1個のブリッジ回路11とを備えている。

【0033】

各歪みゲージR11～R24は、アルミやSUSなどの金属製可撓性材料から成る起歪体12に取り付けられている。起歪体12は、中央に設けられた受力部13と、外周に設けられた固定部14と、これらを連結する円環形状のダイヤフラム部15とを備えている。固定部14は多軸センサユニット10を他の装置に取り付けるためのものであり、受力部13に外力が与えられても歪みや変形が発生しにくいように肉厚の大きい剛性の高いものとしている。ダイヤフラム部15は変形し易い薄肉状としている。受力部13は棒状とされ、外部から受けた力を効率良くダイヤフラム部15に伝達する。よって、受力部13に外力を与えると、歪みや変形は殆どダイヤフラム部15に集中する。

【0034】

歪みゲージR11～R24としては、金属箔歪みゲージや金属線歪みゲージを用いている。歪みゲージR11～R24は一種の抵抗体であり、歪みの発生する場所に貼り付けて使用する検出素子である。歪みの発生により抵抗値が変化することにより、歪み ϵ を測定することができる。一般には、引張りによる歪み ϵ に対しては抵抗値が大きくなり、圧縮による歪み ϵ に対しては抵抗値が小さくなる比例特性を持っている。また、通常は材料が歪み ϵ に対して応力 σ が比例する弾性域で使用する。

【0035】

歪みゲージR11～R24の配置位置は、ダイヤフラム部15の中心線(Z軸)に直交

する線（X軸）上においてダイヤフラム部15の外縁部と内縁部との4箇所、およびX軸に直交する線（Y軸）上においてダイヤフラム部15の外縁部と内縁部との4箇所としている。歪みゲージR11～R24は各位置に貼り付けられている。いずれの歪みゲージR11～R24もダイヤフラム部15の縁部に設けられているので、起歪体12に発生した歪みを効率良く受けることができる。

【0036】

図2に、多軸センサユニット10の受力部13にX軸方向の力 F_x を加えたときの状態および各歪みゲージR11～R14の変化を示す。力 F_x は、受力部13の作用点13aと多軸センサユニット10の原点Oとの距離Lに対応したモーメント M_y （Y軸回りのモーメント）として作用する。このときは、X軸上の全ての歪みゲージR11～R14が図示したように変位し、歪みが検出される。図中、歪みゲージR11～R24の（+）は引っ張り方向の歪みを受けて抵抗値が増加したこと、（-）は圧縮方向の歪みを受けて抵抗値が減少したことを示す。

【0037】

次に、多軸センサユニット10の受力部13にY軸方向の力 F_y を加えたときは、力 F_y は受力部13の作用点13aと多軸センサユニット10の原点Oとの距離Lに対応したモーメント M_x （X軸回りのモーメント）として作用する。これは上述したX軸方向の力 F_x を加えたときの状態を90度ずらして考えればよいので、ここでは省略する。

【0038】

図3に、多軸センサユニット10の受力部13にZ軸方向の力 F_z を加えたときの状態および各歪みゲージR11～R24の変化を示す。

【0039】

表1に上述した各力およびモーメントに対する歪みゲージR11～R24の変化を示す。表中、+は抵抗値の増加、-は抵抗値の減少を示し、0は抵抗値が殆ど変化しないことを示す。また、反対方向の力やモーメントの場合は符号が逆になる。

【0040】

【表1】

ひずみゲージ	X 軸				Y 軸			
	R11	R12	R13	R14	R21	R22	R23	R24
$F_x(M_y)$	-	+	-	+	0	0	0	0
$F_y(M_x)$	0	0	0	0	-	+	-	+
F_z	-	+	+	-	-	+	+	-

【0041】

図4に、各歪みゲージR11～R24を接続してなるブリッジ回路11を示す。このブリッジ回路11では、駆動用電圧 V_+ からGNDまでをR11→R12→R23→R24で直列させると共に、R14→R13→R22→R21で直列させる。なお、R12とR14とは入れ替えてもよい。そして、R11とR12の節点aの電圧を V_a 、R13とR14の節点bの電圧を V_b 、R23とR24の節点cの電圧を V_c 、R21とR22の節点dの電圧を V_d とする。なお、R12とR23の節点gとR13とR22の節点hとを短絡させてもよい。

【0042】

図1（A）に、各歪みゲージR11～R24を接続する配線図を示す（図中、二点鎖線

）。このように配線することにより、重なる部分が無いので配線を交差させる必要が無く、1回のスパッタリングで製造することができるようになり、工程が簡略化されてコストの低減を図ることができる。

【0043】

図5に各節点電圧 $V_a \sim V_d$ と力またはモーメントとの関係を示す。力 F_x およびモーメント M_y は節点電圧 V_a 、 V_b の差 $V_x (=V_a - V_b)$ として測定できる。力 F_y およびモーメント M_x は節点電圧 V_c 、 V_d の差 $V_y (=V_c - V_d)$ として測定できる。力 F_z は節点電圧 V_a 、 V_c の差 $(V_a - V_c)$ と節点電圧 V_b 、 V_d の差 $(V_b - V_d)$ との和 $V_z (= (V_a - V_c) + (V_b - V_d))$ として測定できる。あるいは同図中の括弧に示すように、力 F_z を節点電圧 V_a 、 V_d の差 $(V_a - V_d)$ と節点電圧 V_b 、 V_c の差 $(V_b - V_c)$ との和 $V_z (= (V_a - V_d) + (V_b - V_c))$ として測定することもできる。これらの演算はOPアンプ19を用いて電氣的に直接演算しても良く、または各節点電圧をAD変換してコンピュータにより演算処理するようにしてもよい。

【0044】

ここで、各節点電圧 $V_a \sim V_d$ から力またはモーメントを求める原理を簡単に説明する。力 F_x （モーメント M_y ）が与えられたときは、 $R_{11} \sim R_{14}$ のみが変化し、 $R_{21} \sim R_{24}$ は変化しない。このため、図6（A）に示すブリッジ回路11は同図（B）に示すものと同様になる。これは従来から利用されているブリッジ回路11であり、結局 $V_x = V_a - V_b$ ということになる。

【0045】

また、力 F_z が与えられたときは、図7（A）に示すように力 F_z の方向によって作動する歪みゲージ $R_{11} \sim R_{24}$ が異なる。図7（A）中、矢印T1方向に加わったときの変化を同図（B）に、矢印T2方向に加わったときの変化を同図（C）に、矢印T3方向に加わったときの変化を同図（D）に、矢印T4方向に加わったときの変化を同図（E）に各々示す。

【0046】

ここで、例えば $V_z = V_a - V_c$ または $V_z = V_b - V_d$ であると矢印T1方向に F_x 、 F_y の合力が作用したときに F_z が反応しない。また、 $V_z = V_a - V_d$ または $V_z = V_b - V_c$ であると F_z として反応する。これらの関係を表2に示す。

【0047】

【表2】

モーメント	$V_a - V_c$	$V_a - V_d$	$V_b - V_c$	$V_b - V_d$
T1方向	0	+	-	0
T2方向	-	0	0	+
T3方向	-	0	0	+
T4方向	0	+	-	0

【0048】

そこで、 $V_z = (V_a - V_c) + (V_b - V_d)$ とすることにより、矢印T1～T4方向の力が作用しても打ち消しあって F_z を正確に出力することができる。同様に $V_z = (V_a - V_d) + (V_b - V_c)$ とすることもできる。なお、節点電圧 $V_a \sim V_d$ が各モードにおいて変化するのは、歪みゲージの抵抗が大きくなる（+）のとき（ $R + \Delta R$ ）と歪みゲージの抵抗が小さくなる（-）のとき（ $R - \Delta R$ ）とすることにより、オームの法則

の分圧にも合致する。

【0049】

なお、本実施形態では力 F_x (モーメント M_y)、力 F_y (モーメント M_x)、力 F_z について求めているが、これには限られず各軸方向への加速度や角加速度を求めるようにしてもよい。この場合、受力部 13 の先端に重量体を取り付けることにより受力部 13 の触れを大きくして感度を高めることができる。

【0050】

ブリッジ回路 11 としては図 4 に示すものには限られない。例えば図 8 に示すように、駆動用電圧 $V+$ から GND までを $R13 \rightarrow R14 \rightarrow R21 \rightarrow R22$ で直列させると共に、 $R12 \rightarrow R11 \rightarrow R24 \rightarrow R23$ で直列させるようにしてもよい。なお、 $R14$ と $R21$ の節点 g と $R11$ と $R24$ の節点 h とを短絡させてもよい。また、図 9 に示すように、駆動用電圧 $V+$ から GND までを $R11 \rightarrow R12 \rightarrow R23 \rightarrow R24$ で直列させると共に、 $R14 \rightarrow R13 \rightarrow R22 \rightarrow R21$ で直列させて、更に $R12$ と $R23$ の節点 g と $R13$ と $R22$ の節点 h とを短絡させるようにしてもよい。なお、節点 g 、 h の短絡は解放してもよい。

【0051】

さらには図 10 に示すように、 $R11 \sim R14$ からなるブリッジ回路 11a と $R21 \sim R24$ からなるブリッジ回路 11b とを並列に備えたブリッジ回路 11 としてもよい。この場合、 F_x (M_y) は $R11 \sim R14$ のブリッジ回路 11a で $V_x = V_a - V_b$ より、 F_y (M_x) は $R21 \sim R24$ のブリッジ回路 11b で $V_y = V_c - V_d$ より各々算出される。また F_z については、 $V_z = (V_a - V_c) + (V_b - V_d)$ 、または $V_z = (V_a - V_d) + (V_b - V_c)$ 、または $V_z = V_a + V_b$ 、または $V_z = V_c + V_d$ により算出される。なお、このように、2 個のブリッジ回路 11 が用いられた多軸センサユニット 10 では、図 4 に示す 1 個のブリッジ回路 11 が用いられた多軸センサユニット 10 と比較して、感度が約 2 倍になる。

【0052】

あるいは、図 11 に示すように、 $R11 \sim R14$ からなるブリッジ回路 11a と $R21 \sim R24$ からなるブリッジ回路 11b とを並列に備えたブリッジ回路 11 としてもよい。ここでは図 10 に示す $R21 \sim R24$ からなるブリッジ回路 11b での歪みゲージ $R11 \sim R24$ を入れ替えている。この場合、 F_x (M_y) は $R11 \sim R14$ のブリッジ回路 11a で $V_x = V_a - V_b$ より、 F_y (M_x) は $R21 \sim R24$ のブリッジ回路 11b で $V_y = V_c - V_d$ より各々算出される。また F_z については、 $V_z = V_a + V_b + V_c + V_d$ 、または $V_z = V_a + V_b$ 、または $V_z = V_c + V_d$ により算出される。

【0053】

一方、上述した固定されたブリッジ回路 11 には限られず、図 12 に示すような検出回路 16 を利用してもよい。この検出回路 16 では、環状に連結した歪みゲージ $R11 \sim R24$ と、歪みゲージ $R11 \sim R24$ に駆動用電圧 $V+$ と GND を切り換えて設定するスイッチ 17 と、このスイッチ 17 を制御すると共に節点電圧を演算処理して力やモーメントを算出するマイコン 18 とを備えている。歪みゲージ $R11 \sim R24$ の接続および節点電圧の設定は図 4 に示すブリッジ回路 11 と同様である。ここでは、 $R11$ と $R14$ の節点 e 、 $R21$ と $R24$ の節点 f を設定している。

【0054】

モーメント M_x 、 M_y を求める場合は、マイコン 18 の出力ポートの信号 PO をオフにしてスイッチ 17 の出力端子を図中 1, 3, 5 側に接続する。これにより、ブリッジ回路 11 の節点 e 、 f は駆動用電圧 V に接続され、節点 g 、 h は GND に接続される。すなわち、歪みゲージ $R11 \sim R14$ で構成されるブリッジ回路 11a と、歪みゲージ $R21 \sim R24$ で構成されるブリッジ回路 11b とからなるブリッジ回路 11 が構成される。このときのブリッジ回路 11 を図 13 に示す。そして、モーメント M_x (力 F_y) は節点電圧 V_c 、 V_d の差 V_y として検出できる。また、モーメント M_y (力 F_x) は節点電圧 V_a 、 V_b の差 V_x として検出できる。

【0055】

力 F_z を求める場合は、マイコン18の信号POをオンにしてスイッチ17の出力端子を図12中2, 4, 6側に接続する。これにより、ブリッジ回路11の節点bは駆動用電圧Vに接続され、節点cはGNDに接続される。節点g, hはGNDから切り離され、節点e, fは駆動用電圧V+から切り離される。検出回路16は8個の歪みゲージR11～R24からなる1個のブリッジ回路11となる。このときのブリッジ回路11を図14に示す。力 F_z は節点電圧 V_a , V_d の差 V_z として検出できる。

【0056】

これらの電圧 V_x , V_y , V_z はOPアンプ19で演算されてマイコン18のAD変換ポートに入力される。マイコン18では出力ポートPOの状態（オンかオフ）に応じてモーメント M_x , M_y を検出する場合か力 F_z を検出する場合かを判別して、不要なデータ、例えばモーメント M_x , M_y を検出する場合の力 F_z のデータを無視するようにする。

【0057】

この動作の繰り返しによりモーメント M_x , M_y と力 F_z とを時分割で精度良く検出することができる。

【0058】

次に、本発明の第2の実施の形態について、図15を参照して説明する。図15に示すように、第2の実施の形態は、歪みゲージR101～R204としてピエゾ抵抗素子を用いている。そして、半導体製造プロセスを利用して、1つの多軸センサユニット10に必要なピエゾ抵抗素子を1枚のシリコン半導体基板20に集積して起歪体12にダイボンディング（はんだ付け）して固定している。ピエゾ抵抗素子は箔歪みゲージに比べてゲージ率が10倍以上大きく、箔歪みゲージを利用する場合に比べて感度を10倍以上大きくすることができる。また、ICの半導体プロセスを利用して、検出素子であるピエゾ抵抗素子のみならず信号処理用のOPアンプなどの回路素子までも同じ半導体基板20に作製でき集積化できるようになる。

【0059】

次に、本発明の第3の実施の形態について、図16を参照して説明する。図16に示すように、第3の実施の形態は、歪みゲージおよびブリッジ回路としてスパッタリングにより形成した酸化クロム膜21を使用している。すなわち、起歪体12にスパッタリングにより絶縁膜22を形成し、その上にスパッタリングにより酸化クロム膜21を形成し、その上に保護膜23を形成する。絶縁膜22は起歪体12と酸化クロム膜21とが導通しないようにするものである。酸化クロム膜21はスパッタリングにより形成し、歪みゲージと導電性のブリッジ回路とを同時に形成することができる。歪みゲージとなる部分は歪み検出の方向に線幅が細くなり抵抗値が大きくなるようにしている。保護膜23は酸化防止と物理的な接触による損傷防止のために設ける。

【0060】

更に、本発明の第4の実施の形態について、図17～図18を参照して説明する。図17(A)は、本発明の第4の実施の形態による多軸センサ1を第2部材3側からZ軸方向に透視したときの歪みゲージR11～R48の配置を描いた平面図であり、図17(B)は多軸センサ1の中央縦断面正面図である。図17において、多軸センサ1は、多軸センサユニット4～7を複数備えと共に、第1部材2と第2部材3とに外部から加わった多軸の力、モーメント、加速度、角加速度のいずれかを計測するものである。第1部材2および第2部材3は円盤形状のフランジから成る。歪みゲージR11～R48は第1部材2の表側面2aのみに取り付けられている。

【0061】

第1部材2は、4つの多軸センサユニット4, 5, 6, 7を備えている。ここで、4つの多軸センサユニット4, 5, 6, 7は、いずれも第1の実施の形態の多軸センサユニット10と同様の構成であって、上述と同様のブリッジ回路11または検出回路16がそれぞれに設けられている。第2部材3は、第1部材2の多軸センサユニット4～7に対向する4つの起歪体12を備えている。互いに向き合う多軸センサユニット4～7と起歪体1

2 との受力部 13 同士がボルト 9 により連結されている。これにより、第 1 部材 2 と第 2 部材 3 とが一体化されている。

【0062】

多軸センサユニット 4～7 は多軸センサ 1 の中心点 O を中心に等角度おき、かつ中心点 O から等距離に配置されている。ここでは、90 度おきに配置されている。さらに、多軸センサユニット 4～7 は、中心点 O を原点とする X 軸および Y 軸上の正方向および負方向にそれぞれ配置されている。よって、この多軸センサ 1 は 3 次元空間の直交する 3 軸の力とその軸回りのモーメントを測定するための 6 軸力覚センサとして機能する。また、原点 O から第 1 部材 2 側への垂直線を Z 軸としている。図 18 に、X 軸、Y 軸、Z 軸の方向と、各軸に対するモーメント M_x 、 M_y 、 M_z の方向を示す。

【0063】

各多軸センサユニット 4～7 は大きさや厚さを同じにしている。このため、剛性が等しくなる。これにより、第 1 部材 2 と第 2 部材 3 と受力部 13 とが全体として平行四辺形の四辺を構成するように変位するときに、各多軸センサユニット 4～7 に力の方向や大きさに応じた歪みが歪みゲージ R11～R48 に発生するようになるので、力やモーメントを高精度に検出することができる。なお、歪みゲージの取り付け作業を簡易にしたり歪みゲージの保護を図るために、取り付け位置に段差を設けてもよい。また、ダイヤフラム部 15 以外の部分には他の部材への取り付け用のタップ穴を形成してもよい。

【0064】

図 19 に、各歪みゲージ R11～R24 を接続してなるブリッジ回路 11 を示す。なお、ブリッジ回路 11 は、第 1 の実施の形態で説明したものはいずれも適用可能であるが、ここでは、その一例について説明する。図 19 に示すように、多軸センサユニット 4 については、R11～R14 からなるブリッジ回路と R15～R18 からなるブリッジ回路とを並列に備えたブリッジ回路 11 が設けられている。また、多軸センサユニット 5～7 については、R21～R24、R31～R34、R41～R44 からなるブリッジ回路と R25～R28、R35～R38、R45～R48 からなるブリッジ回路とをそれぞれ並列に備えたブリッジ回路 11 が設けられている。

【0065】

ここで、ひずみゲージ R11～18 で構成したブリッジ回路 11 により検出した X、Y、Z 軸方向の力を示す信号をそれぞれ V_{x1} 、 V_{y1} 、 V_{z1} とする。そして、R11 と R12 の節点 a1 の電圧を V_{a1} 、R13 と R14 の節点 b1 の電圧を V_{b1} 、R17 と R18 の節点 c1 の電圧を V_{c1} 、R15 と R16 の節点 d1 の電圧を V_{d1} とすると、次のような演算により測定できる。

【0066】

$$V_{x1} = V_{a1} - V_{b1}$$

$$V_{y1} = V_{c1} - V_{d1}$$

$$V_{z1} = V_{a1} + V_{b1} - V_{c1} - V_{d1}$$

【0067】

なお、ひずみゲージ R21～28、ひずみゲージ R31～38、ひずみゲージ R41～48 で構成したブリッジ回路 11 により検出した X、Y、Z 軸方向の力を示す信号 V_{x2} 、 V_{y2} 、 V_{z2} 、 V_{x3} 、 V_{y3} 、 V_{z3} 、 V_{x4} 、 V_{y4} 、 V_{z4} についても、同様にして測定できる。但し、 V_{y1} と V_{y3} 、 V_{x2} と V_{x4} は、力の方向を示す信号の極性が逆になるようになっており、 V_{z1} 、 V_{z2} 、 V_{z3} 、 V_{z4} は、力の方向を示す信号の極性が同じになっている。

【0068】

従って、本実施の形態では、各多軸センサユニット 4～7 で得られた結果を利用して、6 軸の力およびモーメント成分は、次のような演算により求めることができる。ただし、各多軸センサユニット 4～7 の 3 軸分の信号出力のうちで使用しない信号もある。ここで、下記の演算では、各抵抗値を既知または新規の手段を用いて電圧に変換し、OP アンプで演算してもよく、あるいは AD 変換器を用いてマイクロコントローラやコンピュータで

用いて計算してもよい。

【0069】

$$F_x = V_{x4} - V_{x2}$$

$$F_y = V_{y3} - V_{y1}$$

$$F_z = V_{z1} + V_{z2} + V_{z3} + V_{z4}$$

$$M_x = V_{z4} - V_{z2}$$

$$M_y = V_{z3} - V_{z1}$$

$$M_z = V_{y1} + V_{x2} + V_{y3} + V_{x4}$$

【0070】

なお、3次元空間の直交する3軸の力とその軸回りのモーメントを測定するための6軸力覚センサとして機能する多軸センサ1のブリッジ回路11を用いた演算方法については、本件出願人による特願2000-172045号公報に詳細に記載されている。

【0071】

更に、本発明の第5の実施の形態について、図20を参照して説明する。図20は、第5の実施の形態による多軸センサ1を第2部材3側からZ軸方向に透視したときの歪みゲージR11～R38の配置を描いた平面図である。第5の実施の形態では、第1部材2に3つの多軸センサユニット4～6を備えている。第2部材3は各多軸センサユニット4～6に対向する3つの起歪体12を備えている。多軸センサユニット4～6は多軸センサ1の中心点Oを中心に120度おき、かつ中心点Oから等距離に配置されている。

【0072】

本実施の形態の3つの多軸センサユニット4, 5, 6は、いずれも第1の実施の形態の多軸センサユニット10と同様の構成であって、上述と同様のブリッジ回路11または検出回路16がそれぞれに設けられている。この場合も、各多軸センサユニット4～6で得られた結果を利用して、6軸の力およびモーメント成分を検出することができる。従って、本実施の形態の多軸センサ1は、上述の第4の実施の形態と同様に、3次元空間の直交する3軸の力とその軸回りのモーメントを測定するための6軸力覚センサとして機能する。なお、多軸センサ1のブリッジ回路11を用いた演算方法については、第4の実施の形態と同様であるので、詳細な説明は省略する。

【0073】

次に、本発明の第6の実施の形態について説明する。上述した第4および第5の実施形態では第1部材2と第2部材3とを互いに取り付けているが、第1部材2のみを単独で使用してもよい。この場合、多軸センサユニット10の受力部13に作用体として重量体を取り付けることにより、多軸センサユニット10に作用する多軸の加速度および角加速度を計測することができる。

【0074】

以上、本発明の好適な実施の形態について説明したが、本発明は上述の実施の形態に限られるものではなく、特許請求の範囲に記載した限りにおいて様々な設計変更が可能なものである。例えば、上述したブリッジ回路11では定電圧とGNDを加える駆動方式としているが、これには限られず正負の両電圧を加えて駆動するようにしてもよい。あるいは定電圧の代わりに定電流を加えて駆動するようにしてもよい。

【0075】

また、上述した各実施形態での歪みゲージの配置は図示したものに限られないのは勿論である。歪みゲージの配置を変更しても、ブリッジ回路11の各節点電圧の差や和などの演算によって M_x , M_y , F_z などが求まればよい。

【0076】

そして、上述した実施形態では3軸または6軸の力やモーメントを検出するセンサとしているが、これには限られず例えばX軸とY軸の2方向の力やモーメントだけを検出する2軸センサとして使用してもよい。または、X軸、Y軸、Z軸のうちどれか1方向の力あるいはモーメントだけを検出する1軸センサとして使用してもよい。

【図面の簡単な説明】

【0077】

【図1】本発明の第1の実施の形態による多軸センサユニットを描いた図であり、(A)は歪みゲージの配置を描いた平面図、(B)は中央縦断面正面図である。

【図2】多軸センサに力 F_x を加えたときの変位および歪みゲージの抵抗値の変化を示す中央縦断面正面図である。

【図3】多軸センサに力 F_z を加えたときの変位および歪みゲージの抵抗値の変化を示す中央縦断面正面図である。

【図4】ブリッジ回路の一例を示す回路図である。

【図5】OPアンプを用いた節点電圧の演算処理の例を示す図である。

【図6】 F_x を算出するためのブリッジ回路の一例を示す回路図であり、(A)は全体図、(B)は実質的な等価回路を示す。

【図7】 F_z を算出するための参照図であり、(A)は力の加わる方向、(B)は矢印T1方向に加わったときのブリッジ回路、(C)は矢印T2方向に加わったときのブリッジ回路、(D)は矢印T3方向に加わったときのブリッジ回路、(E)は矢印T4方向に加わったときのブリッジ回路をそれぞれ示す。

【図8】ブリッジ回路の他の例を示す回路図である。

【図9】ブリッジ回路の更に他の例を示す回路図である。

【図10】ブリッジ回路の別の例を示す回路図である。

【図11】ブリッジ回路の更に別の例を示す回路図である。

【図12】検出回路の一例を示す図である。

【図13】検出回路により M_x または M_y を求めるときに形成されるブリッジ回路を示す回路図である。

【図14】検出回路により F_z を求めるときに形成されるブリッジ回路を示す回路図である。

【図15】第2の実施の形態による多軸センサユニットを描いた中央縦断面正面図である。

【図16】第3の実施の形態による多軸センサユニットを描いた一部省略の縦断面図である。

【図17】本発明の第4の実施の形態による多軸センサを描いた図であり、(A)は第2部材側からZ軸方向に透視したときの歪みゲージの配置を描いた平面図、(B)は中央縦断面正面図である。

【図18】直交座標軸を示す斜視図である。

【図19】ブリッジ回路の一例を示す回路図である。

【図20】第5の実施の形態による多軸センサの第2部材側からZ軸方向に透視したときの歪みゲージの配置を描いた平面図である。

【図21】従来の多軸センサユニットを描いた中央縦断面正面図である。

【図22】従来の多軸センサユニットの歪みゲージの配置を描いた平面図である。

【図23】従来の多軸センサユニットの歪みゲージにより形成されるブリッジ回路を示す回路図である。

【符号の説明】

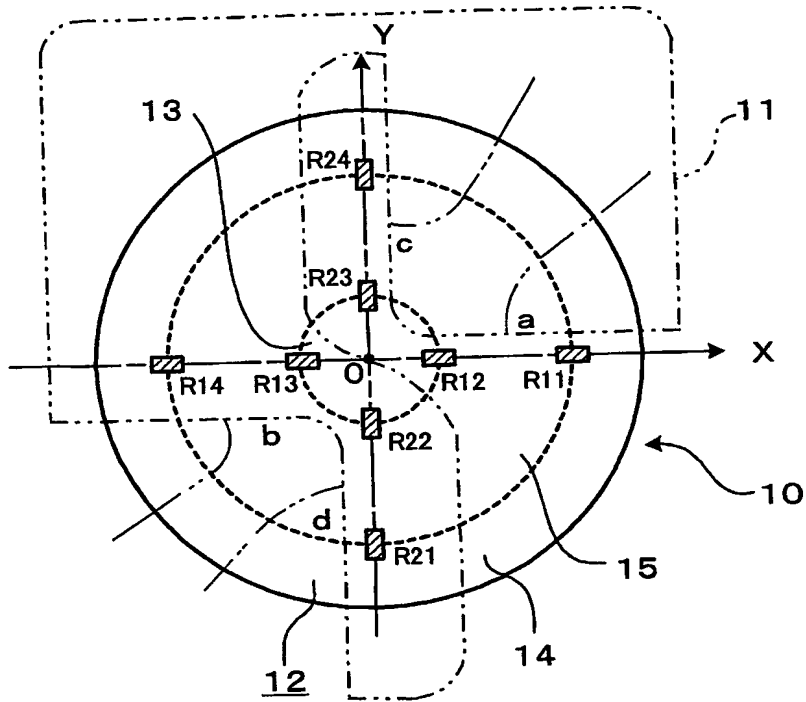
【0078】

- 1 多軸センサ
- 2 第1部材
- 3 第2部材
- 4～7 多軸センサユニット
- 10 多軸センサユニット
- 11 ブリッジ回路
- 12 起歪体
- 13 受力部
- 14 固定部

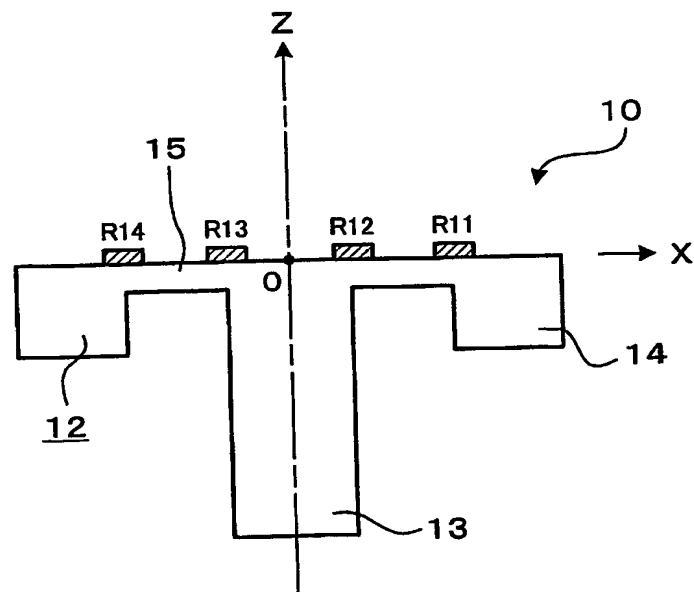
1 5 ダイアフラム部
R 1 1 ~ R 4 8 歪みゲージ

【書類名】 図面
【図 1】

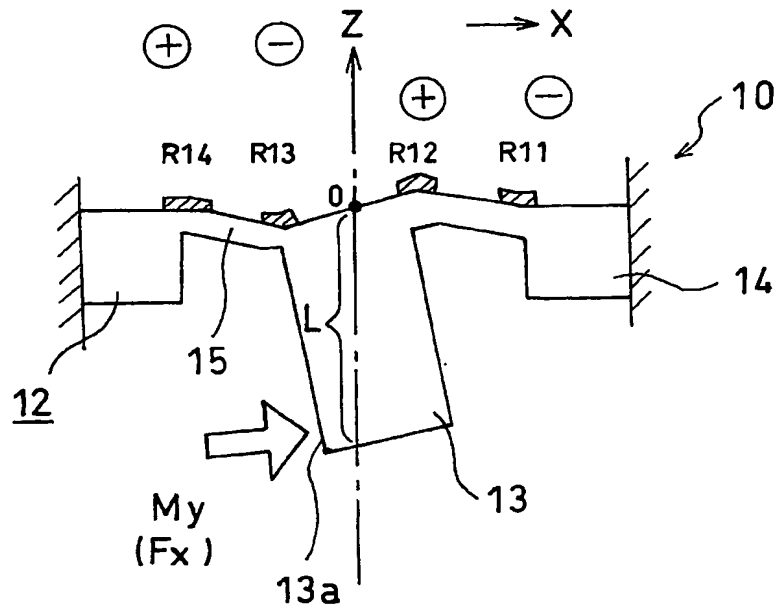
(A)



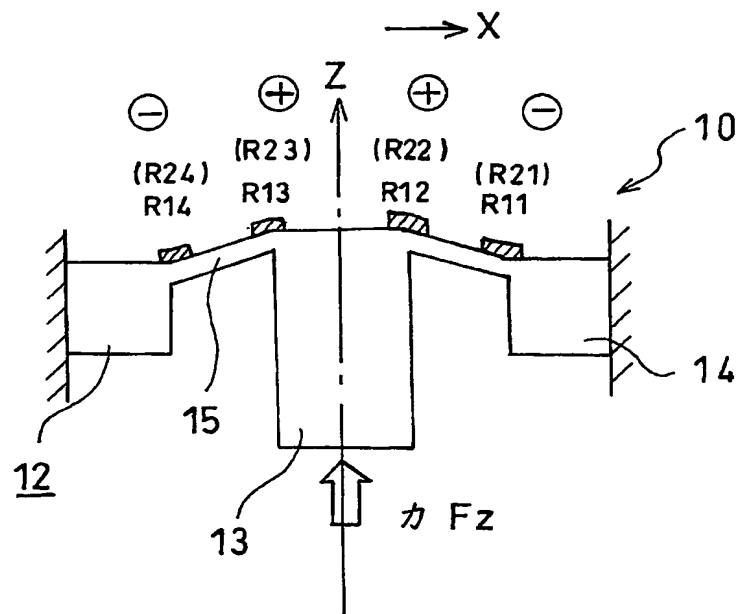
(B)



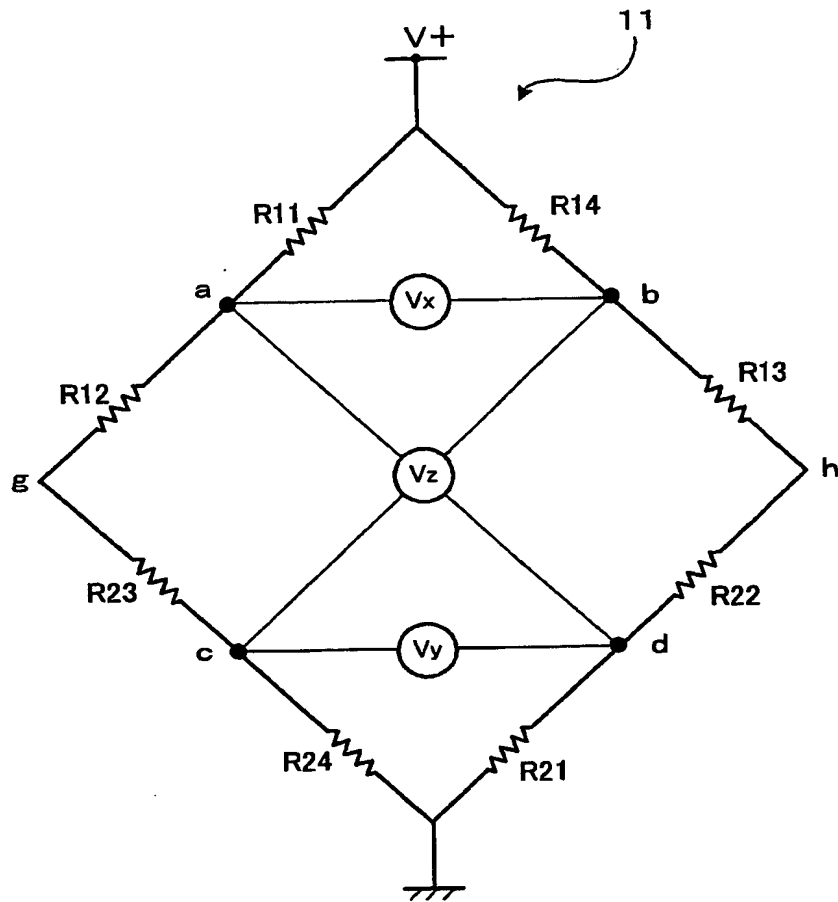
【図 2】



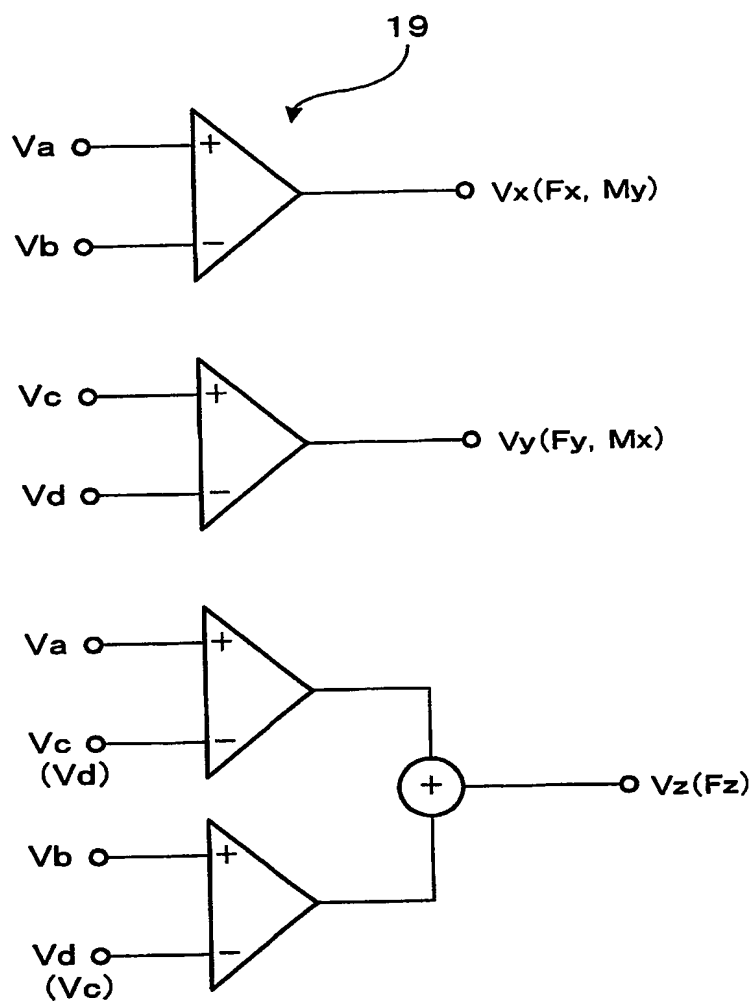
【図 3】



【図 4】

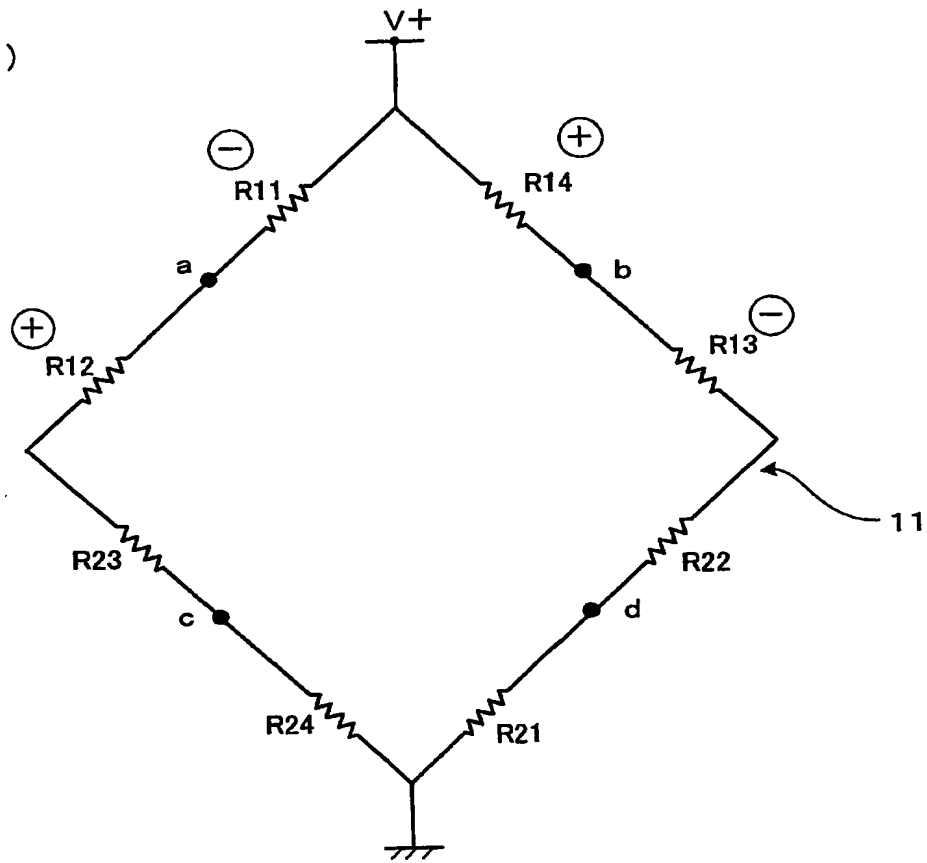


【図 5】

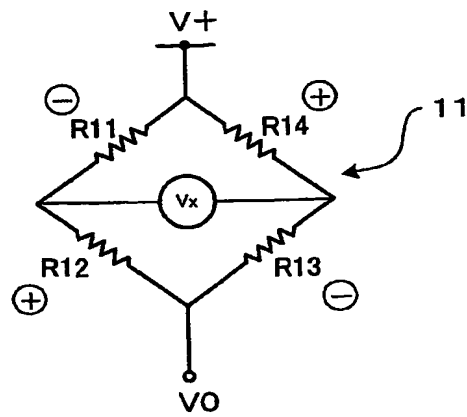


【図 6】

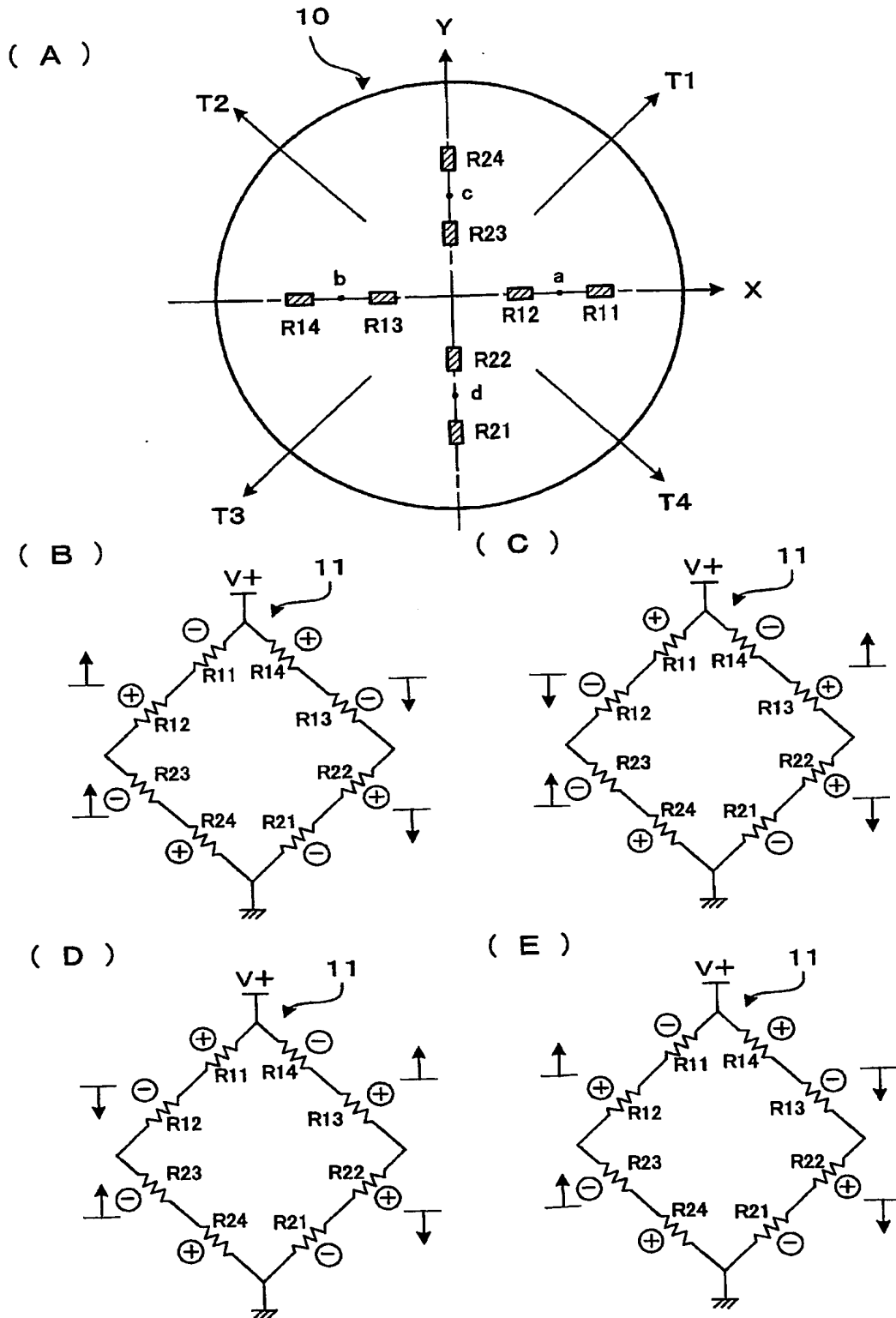
(A)



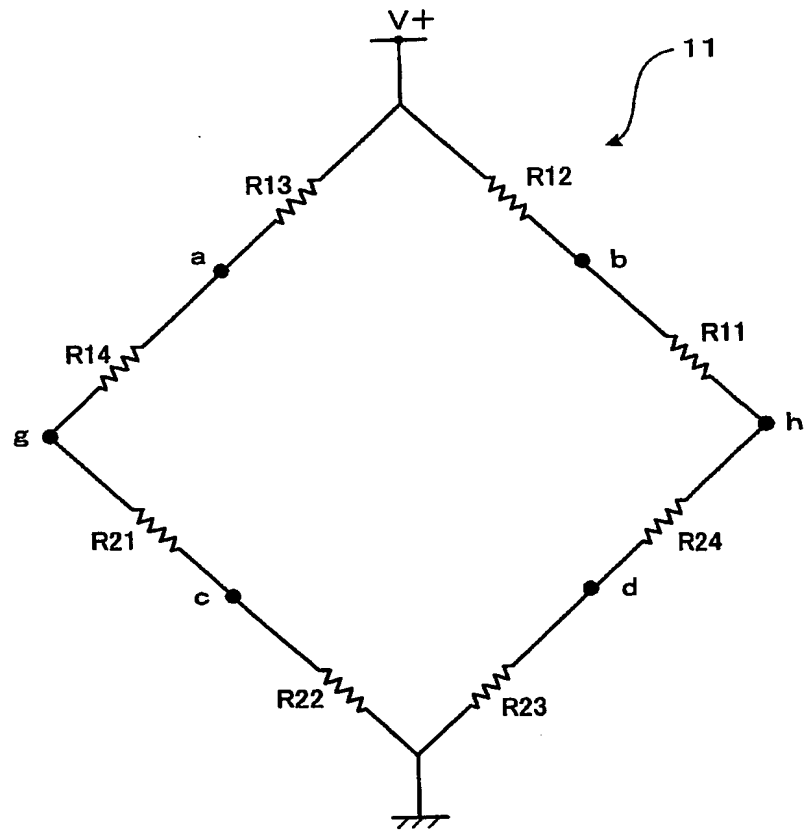
(B)



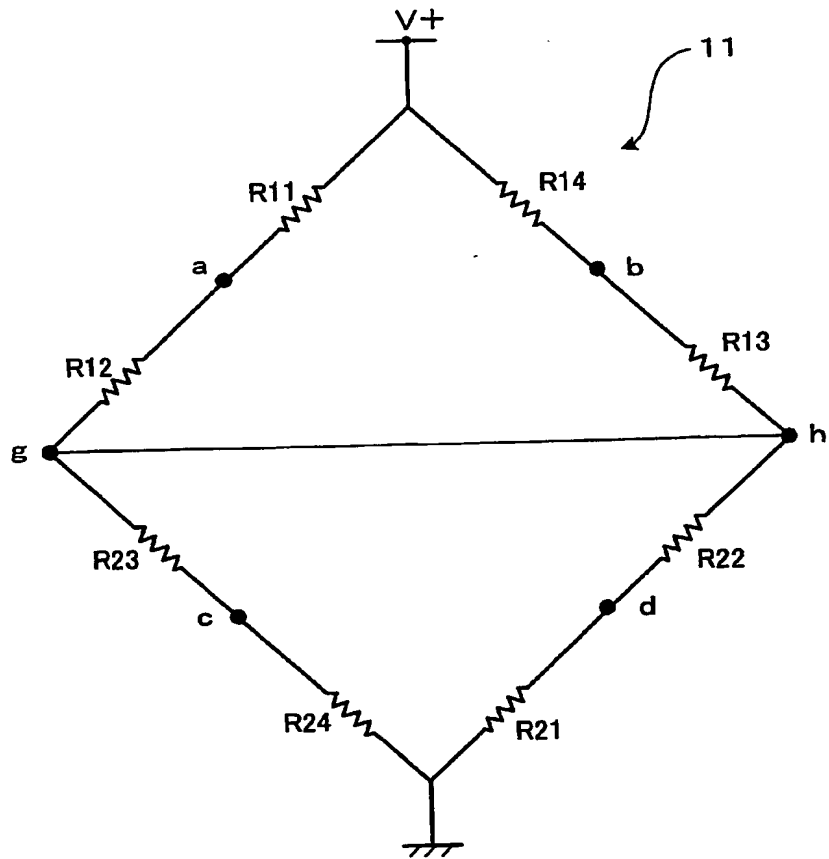
【図 7】



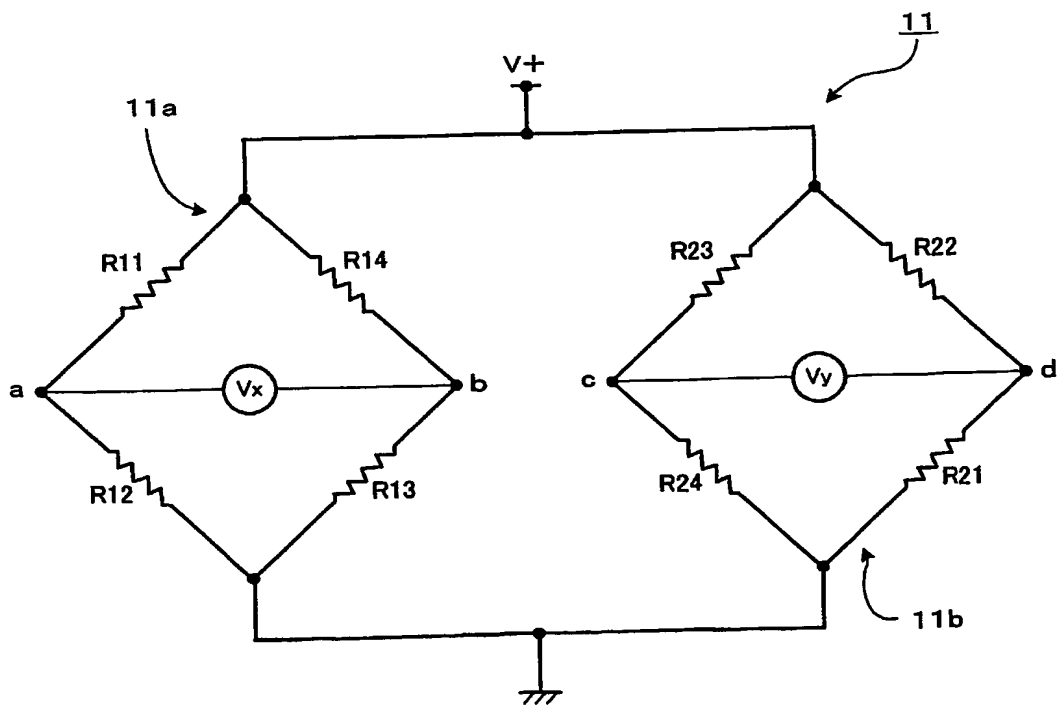
【図 8】



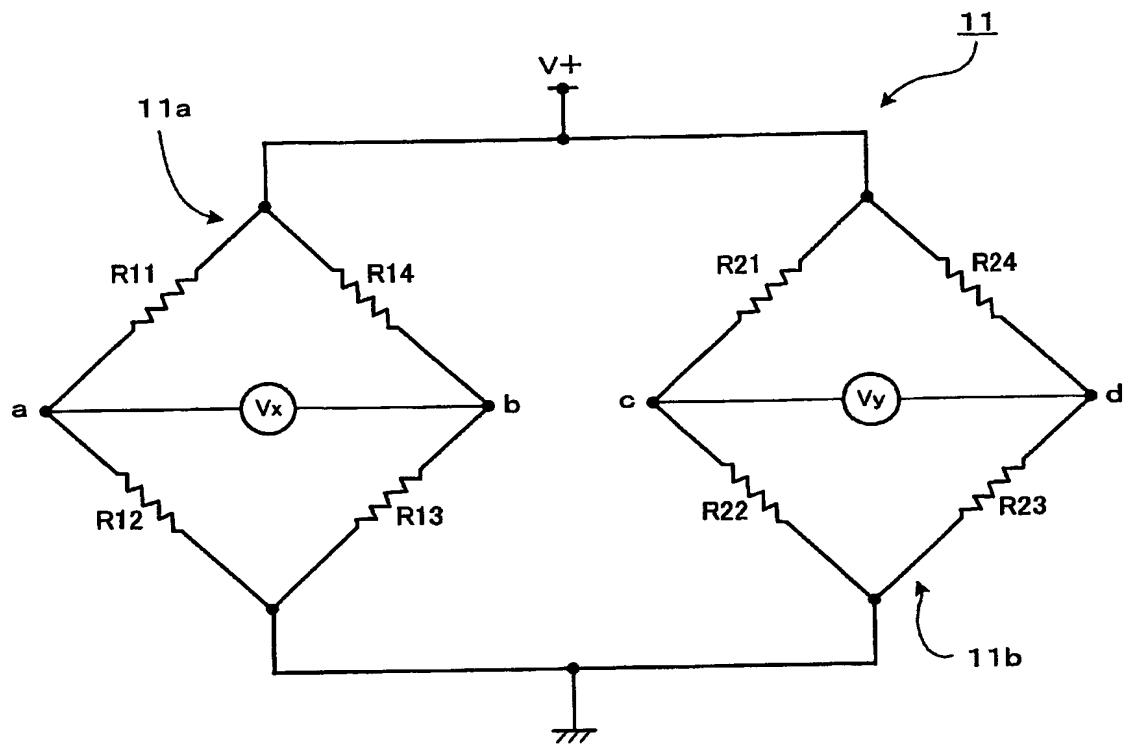
【図 9】



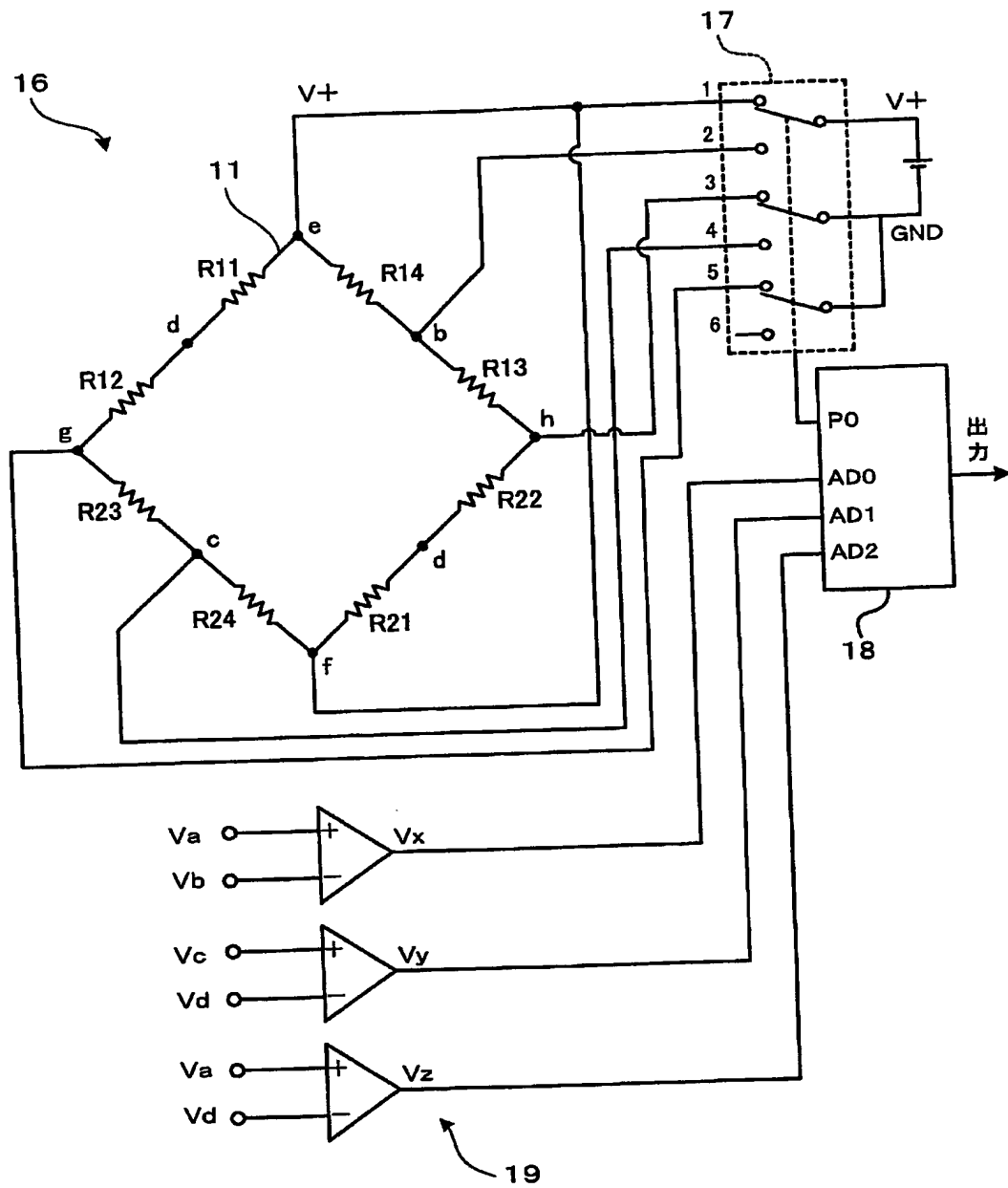
【図 10】



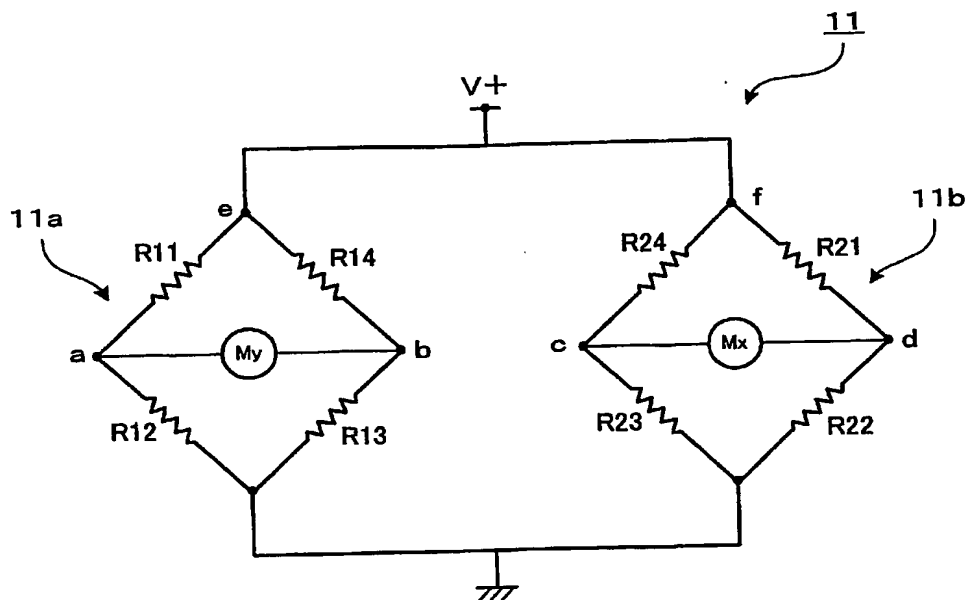
【図 11】



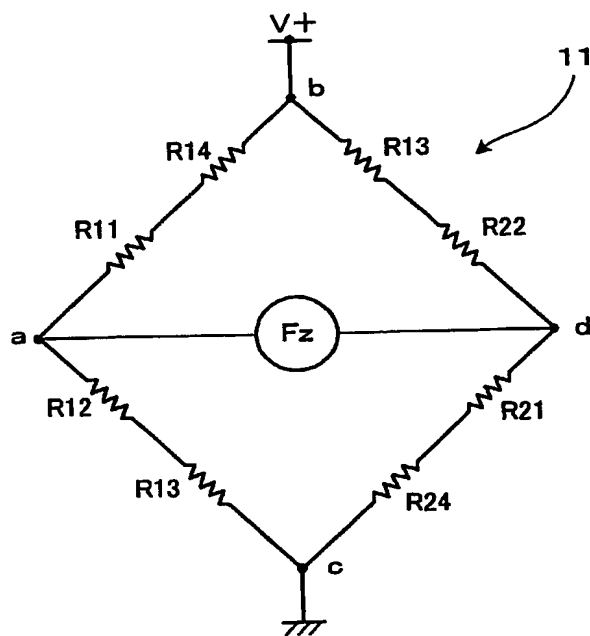
【図 12】



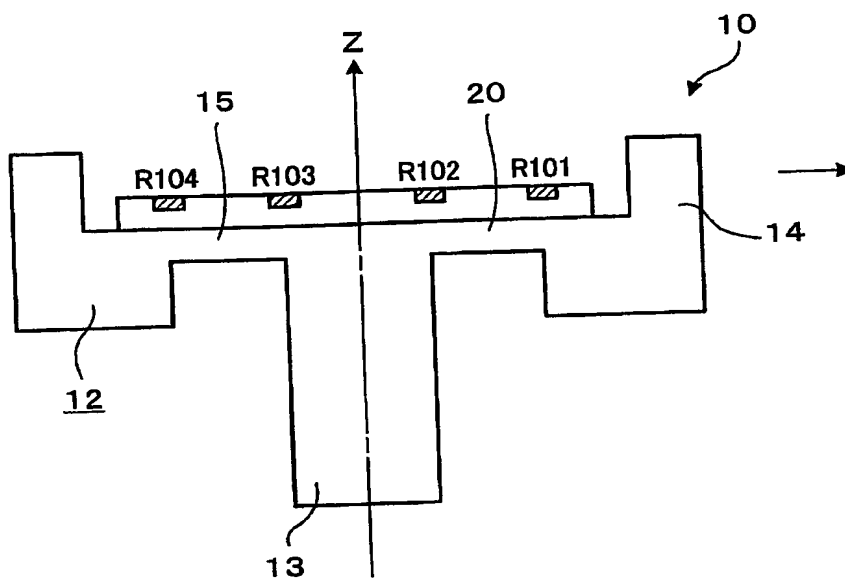
【図 13】



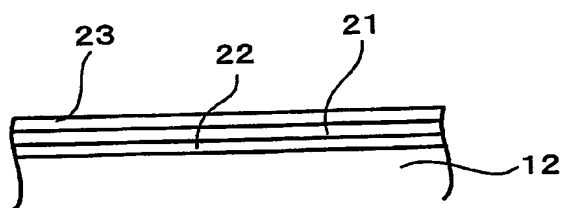
【図 14】



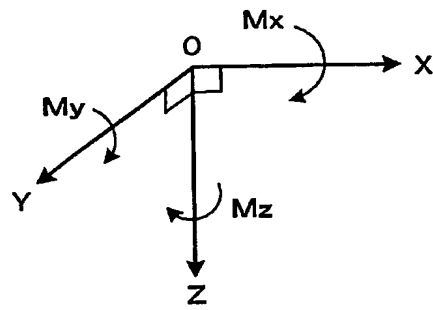
【図 15】



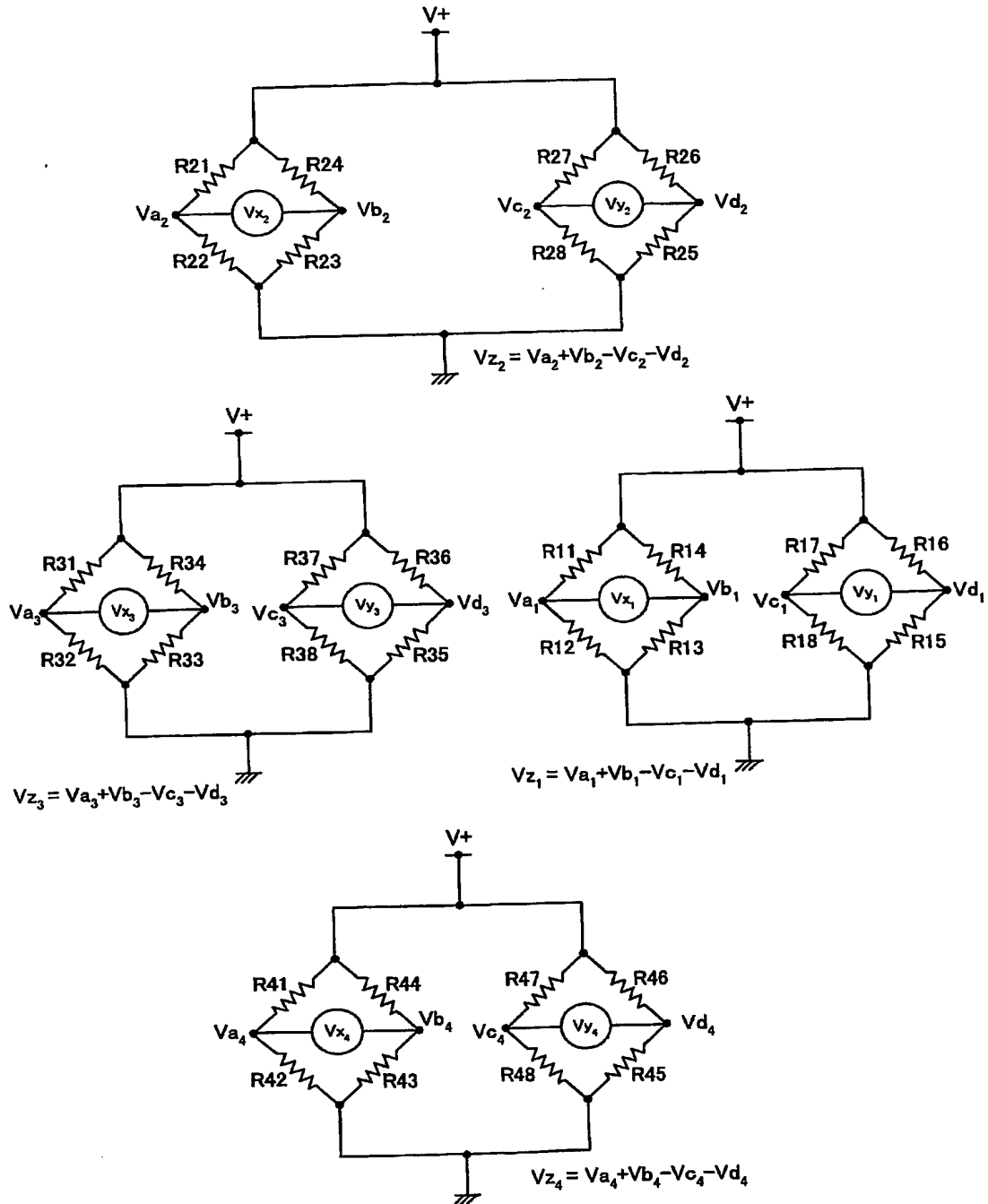
【図 16】



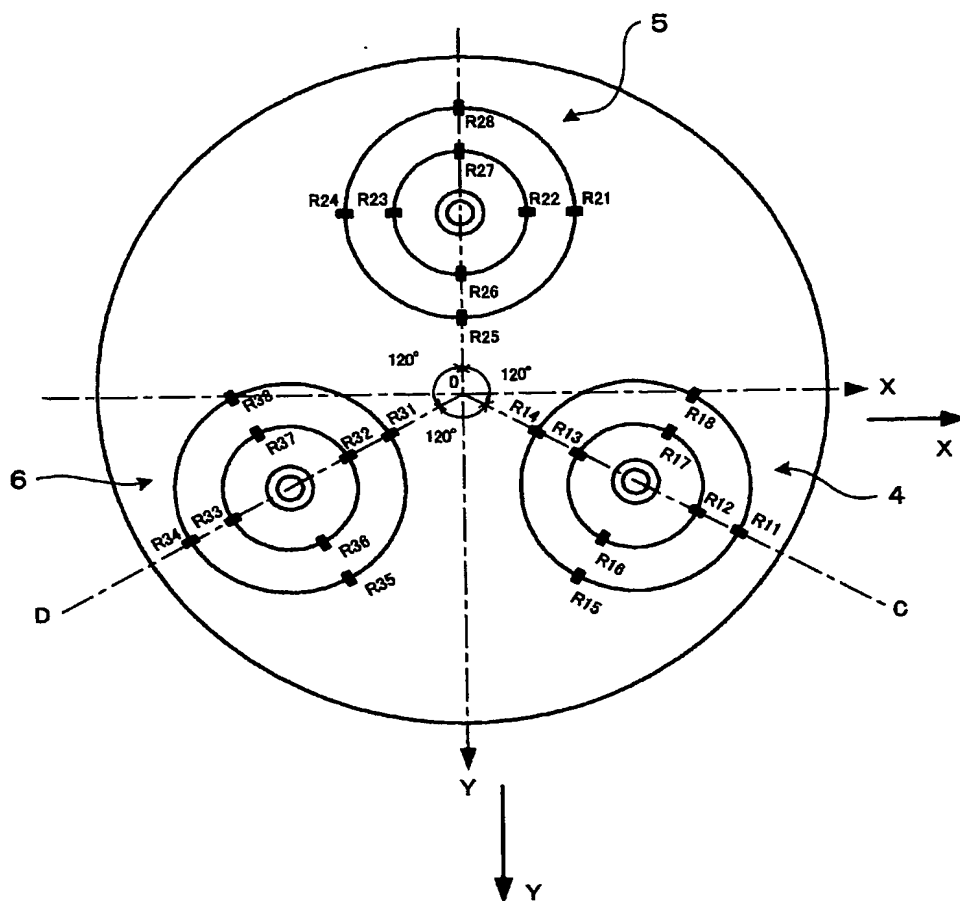
【図 18】



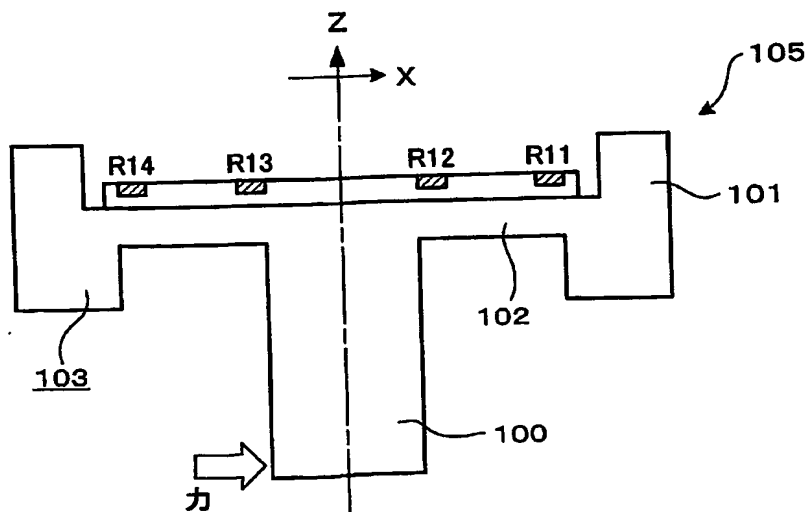
【図 19】



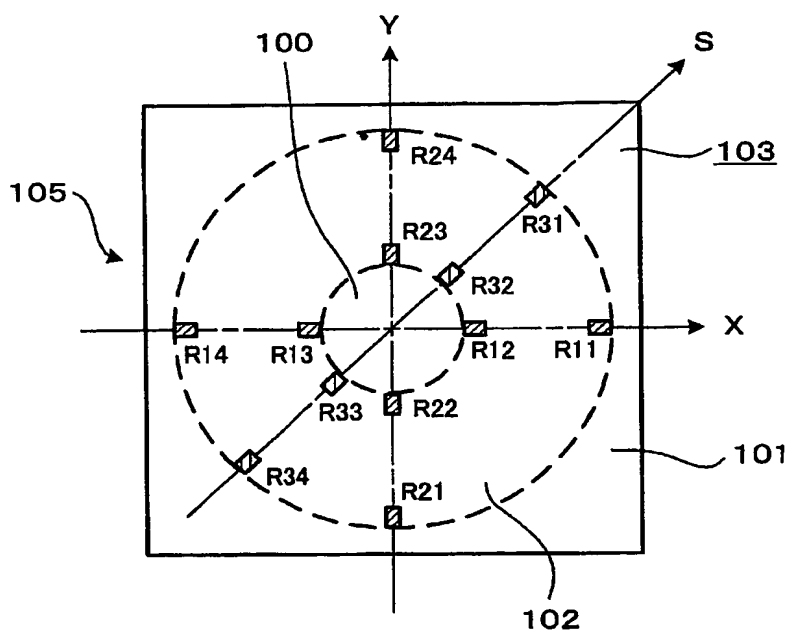
【図 20】



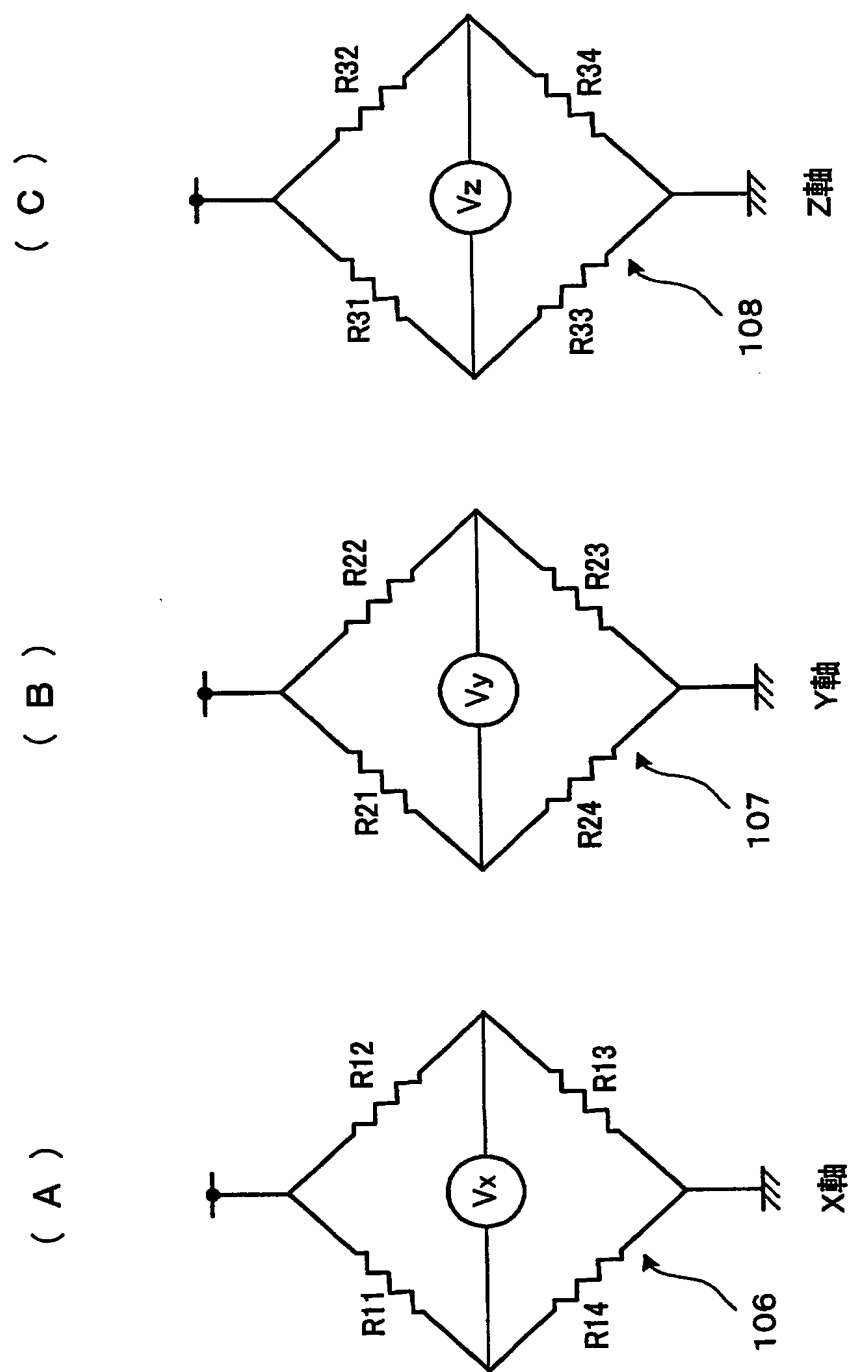
【図 21】



【図 22】



【図 23】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 消費電力を低減すると共に配線を簡素にしコストを低減する。

【解決手段】 外部から加わった多軸の力、モーメント、加速度、角加速度のいずれか 1 つまたは複数を計測する多軸センサユニット 1 0 において、一平面上に配置された 8 個の歪みゲージ R 1 1 ~ R 2 4 と、各歪みゲージ R 1 1 ~ R 2 4 を連結して成る 1 個のブリッジ回路 1 1 とを備える。これにより従来よりブリッジ回路 1 1 と歪みゲージ R 1 1 ~ R 2 4 を減らして消費電力を減らすと共に配線を簡素化して製造コストを下げる。

【選択図】 図 1

特願 2 0 0 3 - 3 4 1 4 5 1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[0 0 0 1 1 1 0 8 5]

1. 変更年月日

2 0 0 2 年 2 月 2 1 日

[変更理由]

住所変更

住 所

大阪府大阪市浪速区桜川 4 丁目 4 番 2 6 号

氏 名

ニッタ株式会社